

Bessere Bildqualität mit Basler PGI

Eine sehr gute Bildqualität entsteht in einer digitalen Kamera durch das optimal abgestimmte Zusammenspiel der verschiedenen Kamerakomponenten und -funktionen.

Die neuartige PGI-Technologie ist eine abgestimmte Kombination aus 5×5-Debayering, Farb-Anti-Aliasing, Bildschärfung und Rauschunterdrückung. Sie bewirkt unter anderem eine weit verbesserte Brillanz, Detailtreue und Schärfe des Bildes während das Rauschen gleichzeitig sinkt. Durch die kompakte Integration ins Kamera-FPGA ist PGI voll echtzeitfähig, nahezu latenzfrei und entlastet den PC in der Bildverarbeitungsanwendung.

Inhalt

1. Die Bayer-Matrix als Grundlage der Farbbildoptimierung	01
1.1 Debayering	01
1.2 PGI-Debayering	02
2. Farb-Anti-Aliasing	03
2.1 PGI-Farb-Anti-Aliasing	04
3. Bildschärfe	04
3.1 PGI-Bildschärfung	04
4. Bildrauschen (Noise)	05
4.1 PGI-Rauschunterdrückung	05
5. PGI für Monochromkameras	07
6. Rechenleistung	07
6.1 Vorteile für Farbkameras	07
6.2 Vorteile für Farb- und Monochromkameras	07
7. Fazit	07

1. Die Bayer-Matrix als Grundlage der Farbbildoptimierung

In der Bildverarbeitung werden zunehmend Monochromkameras durch Farbkameras abgelöst. Die Farbkameras liefern Farbbilder, die deutlich mehr Information enthalten als Monochrombilder. In einem Farbbild besteht jeder Pixel aus mehreren Farbwerten, z.B. aus den Werten für die Farben Rot (R), Grün (G) und Blau (B). Dieses Bild nennt man RGB-Farbbild.

Farbkameras mit echten Dreifarben-Bildsensoren sind jedoch sehr aufwändig und ausgesprochen teuer. Eine gute und günstige Alternative bilden die weit verbreiteten Farbkameras mit Bildsensoren mit der sogenannten Bayer-Matrix oder Bayer-Pattern. Dieses Muster wurde im Jahr 1975 von Bryce E. Bayer, einem Mitarbeiter von Eastman Kodak, erfunden und unter der Patent Nummer US 3,971,065 patentiert.

In der Bayer-Matrix besitzt jeder Pixel eine eigene Farbmaste, die einem Schachbrett ähnelt. Von den Farbmasten haben 50% die Farbe Grün und jeweils 25% die Farben Rot oder Blau (siehe Abb. 1).

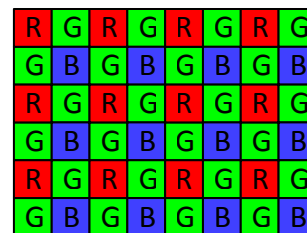


Abb. 1: Die Bayer-Matrix

Sensor zu Sensor unterscheiden und entsprechend der ersten beiden Pixel der ersten Zeile als RG, BG, GB oder GR bezeichnet werden (siehe Abb. 2).

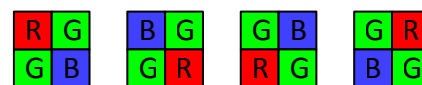


Abb. 2: Die vier Farbmöglichkeiten der Bayer-Matrix: RG, BG, GB und GR

Das nachfolgende Beispiel in Abb. 3 zeigt, wie ein mit den jeweiligen Pixelfarben eingefärbter Ausschnitt des Rohbildes eines Bayer-Sensors aussieht:

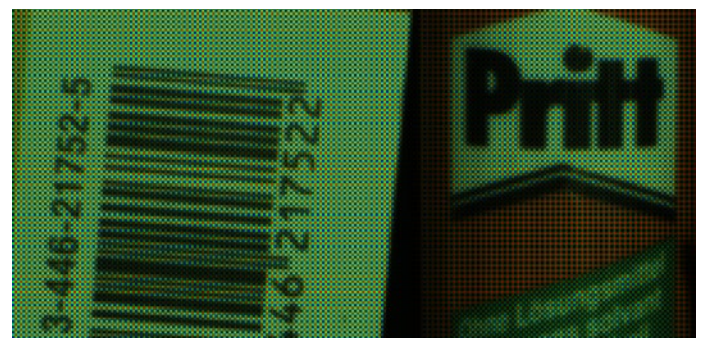


Abb. 3: Rohbild mit BG-Bayer-Matrix

1.1 Debayering

Bei einem Bayer-Sensor sieht jeder Pixel nur eine Farbe. Für ein korrektes RGB-Farbbild braucht man jedoch drei Farben pro Pixel, nämlich Rot, Grün und Blau. Die fehlenden Farben werden mit einer geeigneten Interpolationsmethode eingefügt. Dies wird als Debayering, Demosaicing oder auch als Color-Filter-Array Interpolation bezeichnet.

Debayering beruht auf Interpolation. Beispielsweise sind ja nur 25% der Pixel rot, also muss für 75% der Pixel ein Rotwert interpoliert werden. Die verschiedenen möglichen Interpolationsalgorithmen weisen gravierende Unterschiede in der konzeptionellen Herangehensweise, in der konkreten Ausführung, im Ressourcenbedarf und im Ergebnis auf.

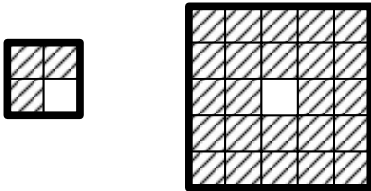


Abb. 4: Links eine 2×2-Umgebung, rechts eine 5×5-Umgebung.

Ein Debayering-Algorithmus muss grundsätzlich Pixel aus der Nachbarschaft einbeziehen, weil nur dort Farbwerte für die fehlenden Farben zu finden sind. Je nachdem, wie groß der dabei zur Verfügung stehende Bildausschnitt rund um den gerade zu bearbeitenden Pixel ist, spricht man von einer 2×2-, 3×3-, 4×4-, 5×5- usw. Umgebung. Abb. 4 zeigt eine 2×2- und eine 5×5-Umgebung.

Ein ressourcensparendes 2×2-Debayering beruht meist auf der sogenannten Nearest Neighbour-Interpolation und wird hier als „Simple Debayering“ bezeichnet. Es zeigt oft gravierende Farbfehler, wie im nachfolgenden praktischen Beispielbild (Abb. 5) gut zu sehen ist. Dort zeigen sich die typischen Farbfehler in den Farben Orange und Himmelblau vor allem an den Schwarzweißkanten und sind vor allem in den Ziffern und Buchstaben gut zu erkennen. An schrägen Linien wechseln sich Orange und Himmelblau in kurzer Folge ab und das wird vom menschlichen Betrachter als besonders störend empfunden. Außerdem erscheint das Bild merklich unscharf und schräge Kanten wirken stufig.

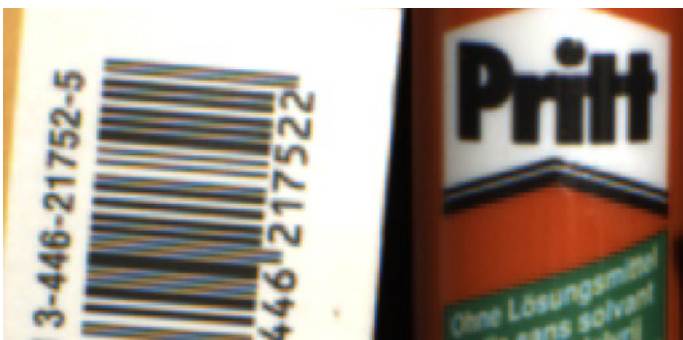


Abb. 5: Farbfehler aufgrund von 2×2-Debayering, deutlich zu erkennen z.B. im Barcode. [Q](#)

Mit einem besseren Interpolationsverfahren lassen sich diese Bildfehler beheben. Dabei ist es hilfreich, wenn mehr Information aus einer größeren Umgebung zur Verfügung steht.

1.2 PGI-Debayering

PGI-Debayering ist ein von Basler neu entwickelter, deutlich verbesserter Debayering-Algorithmus, der mit einer Umgebung von 5×5 Pixeln arbeitet.

Zum Vergleich mit dem vorangegangenen Bild wurden dieselben Rohdaten mit dem PGI-Algorithmus in ein RGB-Bild umgewandelt (siehe Abb. 6). Die in jeder Hinsicht bessere Bildqualität ist sofort augenscheinlich. Es sind keine Fehlfarben zu erkennen, die Schrift ist gut lesbar, die schrägen Kanten erscheinen glatt und scharf.

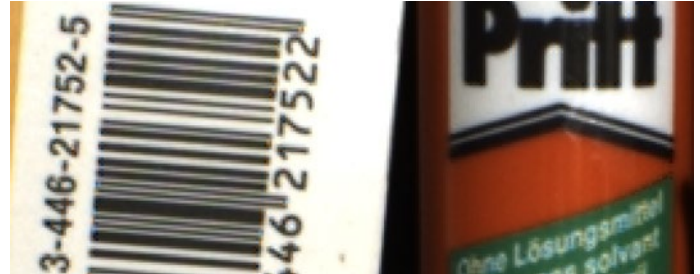


Abb. 6: Das Rohbild aus Abb. 3, bearbeitet mit PGI-Debayering. [Q](#)

Ziel des PGI-Algorithmus ist es, die Bildqualität eines Farbbildes für den menschlichen Betrachter deutlich zu verbessern. Es hat sich gezeigt, dass dafür mehrere Rechenschritte erforderlich sind. Zusätzlich zum Debayering sind dies:

- die Beseitigung von Fehlfarben (Farb-Anti-Aliasing/Color-Anti-Aliasing),
- ein Nachschärfen (Bildschärfeparameter/Improved Sharpness) und
- eine Rauschunterdrückung (Denoising).

Diese Rechenschritte werden nachfolgend einzeln erläutert.

Das 5×5-Debayering im PGI basiert auf einem tiefgehenden mathematischen Verständnis des Interpolationsproblems und dessen Lösung, in Kombination mit dem Verständnis der Eigenschaften des menschlichen Auges. In solch komplexen Algorithmen gibt es nämlich meist Möglichkeiten, Arbeitspunkte zu wählen. Und diese sind jeweils so gewählt, dass das Ergebnis für einen Menschen besonders gut aussieht.

In der menschlichen Netzhaut kommen zwei Arten von Sehzellen vor: Stäbchen für das Schwarzweißsehen und Zapfchen für das Farbsehen. Die Stäbchen sind viel häufiger und dichter gepackt als die Zapfchen. Entsprechend können wir Schwarzweißkontraste mit sehr hoher Detailauflösung sehen.

Dem trägt PGI dadurch Rechnung, dass scharfe Schwarzweißkontraste mit hoher Brillanz und Detailtreue wiedergegeben werden, die nahezu der Bildqualität einer Schwarzweißkamera entsprechen. Dies hat zur Folge, dass Konturen sehr gut erkennbar werden und folglich beispielsweise Buchstaben und Ziffern besonders gut gelesen werden können.

Weiterhin sind die Stäbchen für das Schwarzweißsehen tatsächlich besonders empfindlich für grüne Farben. Dies

berücksichtigt PGI, indem bei der Rekonstruktion der Schwarzweißkontraste die grünen Pixel besonders gewichtet und so einen natürlicher Bildeindruck hergestellt wird.

Schließlich nimmt das menschliche Auge Buntrauschen und einzelne Pixel mit falschen Farben sehr empfindlich wahr. Entsprechend wurde bei der Entwicklung von PGI unter den verschiedenen Möglichkeiten der Farbrekonstruktion diejenige ausgewählt, die sich durch ein besonders niedriges Buntrauschen auszeichnet.

2. Farb-Anti-Aliasing

Verwendet man weniger gute Debayering-Algorithmen, kommt es leicht zu Fehlfarben, besonders an scharfen Kanten. Diese sind besonders schön zu erkennen, wenn man von dem nachfolgend dargestellten Rohbild (Abb.7) ausgeht. In diesem Bild sind Kosinuswellen dargestellt, deren Frequenz von links nach rechts und von oben nach unten linear zunimmt.

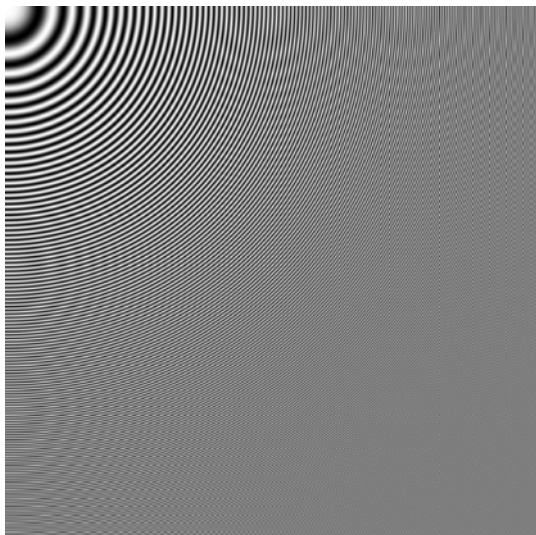


Abb. 7: Rohbild mit Kosinuswellen mit zunehmender Frequenz von links oben nach rechts unten. 🔍

Wendet man auf dieses Bild z.B. ein 2×2 -Simple Debayering an, so erhält man folgendes Ergebnisbild (Abb. 8):

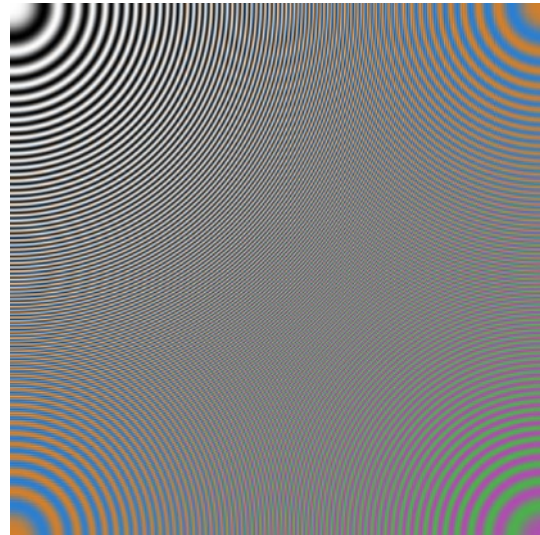


Abb. 8: Rohbild aus Abb. 7 mit 2×2 -Simple Debayering. 🔍

Wie man sieht, konzentrieren sich die Fehlfarben auf die Ecken. Anhand dieser Ecken lässt sich deren Ursache in Abb. 9 gut erklären.

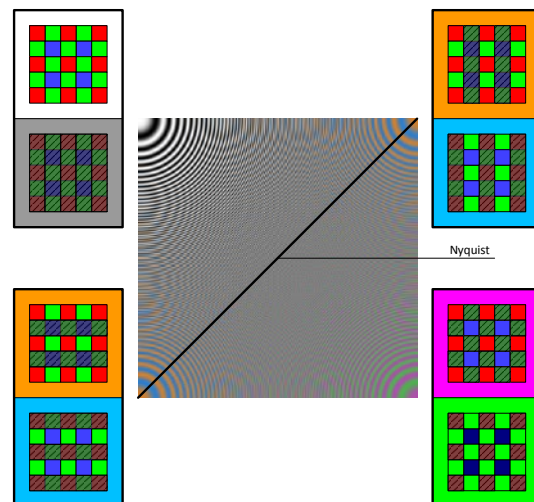


Abb. 9: Besonders in den Ecken sind die Fehlfarben deutlich erkennbar.

Betrachten wir zunächst die Ecke oben links. Bei niedrigen Raumfrequenzen, also bei Bildinhalten, die wie in der Abbildung oben links großflächig hell oder dunkel sind und bei denen sich die Helligkeit nur langsam ändert, ist es leicht, die Farbe korrekt zu rekonstruieren und es treten keine Farbfehler auf.

Beinhaltet das Bild aber hohe Raumfrequenzen, ergeben sich häufig Probleme mit Fehlfarben. Hohe Raumfrequenzen entstehen dann, wenn beispielsweise die Abstände zwischen schwarzen und weißen Linien so eng sind, dass sie auf benachbarten Pixeln zu liegen kommen. Hohe Raumfrequenzen liegen aber auch an scharfen Kanten mit einer hellen und einer dunklen Seite vor.

Dann kann bei vertikalen Strukturen die Situation auftreten, wie sie oben rechts in Abb. 9 dargestellt ist.

Im ersten Fall bekommen die Spalten mit den Farben Rot und Grün mehr Licht ab als die Spalten mit den Farben Grün und Blau. Dadurch sehen die roten Pixel eine überdurchschnittliche und die blauen Pixel eine unterdurchschnittliche Helligkeit. Zu viel Rot bei gleichzeitig zu wenig Blau erzeugt eine orange Fehlfarbe. Im umgekehrten Fall, also bei zu wenig Rot mit gleichzeitig zu viel Blau, ergibt sich eine himmelblaue Fehlfarbe.

Bei horizontalen Streifen stellt sich die Situation entsprechend um 90° gedreht dar. Hier können die Zeilen mit roten und grünen Pixeln mehr Licht abbekommen als die mit grünen und blauen Pixeln, woraus sich wiederum Orange ergibt. Oder es können die Zeilen mit grünen und blauen Pixeln mehr Licht abbekommen, woraus sich entsprechend wiederum Himmelblau ergibt.

Theoretisch ist auch die in Abb. 9 unten rechts dargestellte Situation möglich, in der sich durch diagonale Streifen die Fehlfarben Magenta und Grün ergeben. In der Praxis spielen diese jedoch eine untergeordnete Rolle, da die optische Qualität der Objektive oft nicht ausreicht, diese noch enger liegenden Strukturen mit hinreichendem Kontrast abzubilden.

2.1 PGI-Farb-Anti-Aliasing

Im PGI wird der durch die genannten Effekte auftretende Farbfehler analysiert und für alle möglichen Frequenzen unterhalb des theoretischen Limits korrigiert. Das theoretische Limit ergibt sich aus der digitalen Systemtheorie und wird Nyquistfrequenz genannt.

In Abb. 10 zeigt das Ergebnisbild mit PGI, dass die Fehlfarben bis zur Nyquistfrequenz für die Grünpixel beseitigt werden. Die Nyquistfrequenz für die Grünpixel verläuft diagonal von oben rechts nach unten links und ist im Bild klar als Grenze der Fehlfarben zu erkennen.

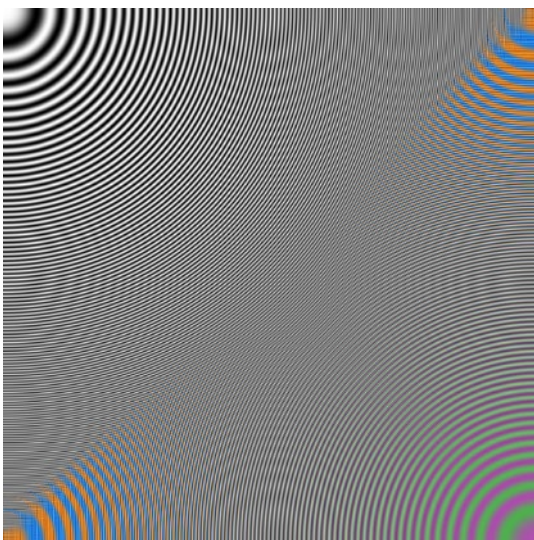


Abb. 10: PGI-Farb-Anti-Aliasing beseitigt die Fehlfarben für die Grünpixel. 

Der Effekt ist auch in realen Bildern (Abb. 11 und 12) gut zu erkennen:

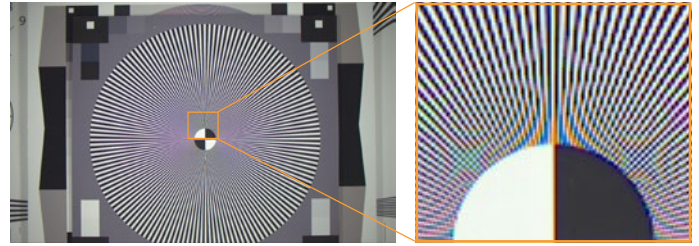


Abb. 11: Mit 2x2-Simple Debayering

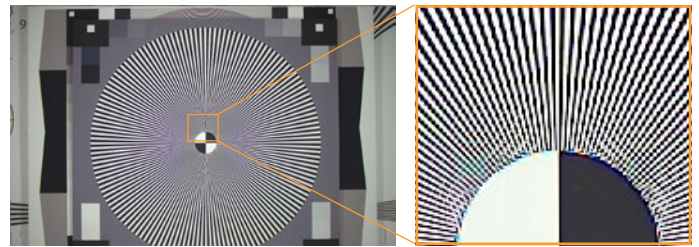


Abb. 12: Derselbe Ausschnitt mit PGI-Debayering

3 Bildschärfe (Sharpness)

Konventionelle Debayering-Algorithmen geben — wie oben gezeigt — feine, scharfe Strukturen oftmals nicht mit guter Bildschärfe wieder.

3.1 PGI-Bildschärfteoptimierung (Improved Sharpness)

PGI verfügt hingegen über eine qualitativ hervorragende Wiedergabe schwarzweißer Strukturen.

Die Abbildung hochauflöser Strukturen kann bei Farbkameras mit Bayer-Matrix nicht nur Farb-Aliasing-Effekte hervorrufen, wie vorhin beschrieben, sondern auch Probleme mit der Bildschärfe. Bei der Verwendung rein linearer Interpolationsalgorithmen ist die maximale Bildschärfe grundsätzlich begrenzt. Im PGI wird der lineare Interpolationsalgorithmus an die Bildstruktur angepasst. Dadurch ergibt sich eine verbesserte Bildschärfe, die an die von Monochromkameras heranreicht.

Auf diese Weise liefert PGI bereits grundsätzlich eine vorzügliche Bildschärfe. Für besonders anspruchsvolle Aufgabenstellungen steht darüber hinaus ein einstellbarer Schärfefaktor zur Verfügung. Mit ihm lässt sich das Bild in einem weiten Bereich noch zusätzlich nachschärfen, sodass beispielsweise die Auswirkung einer suboptimalen Optik möglicherweise kompensiert werden kann. Dabei ist die Bildschärfung ihrerseits auf die Wahrnehmung des menschlichen Auges abgestimmt.

Es ist zu beachten, dass die Bildschärfe eng mit dem Rauschen verbunden ist und ein lineares Nachschärfen grundsätzlich zu einer Erhöhung des Rauschens führt. Da der menschliche Betrachter Graurauschen als deutlich weniger

störend empfindet als Buntrauschen, wurde im PGI für das Nachschärfen eine Umsetzung gewählt, die zu einer lediglich moderaten Erhöhung des Graurauschens führt und keine negativen Auswirkungen auf das Buntrauschen hat.

In Neutralstellung des Schärfefaktors ist das Nachschärfen ausgeschaltet. Abbildungen 13 und 14 zeigen einen Bildvergleich:

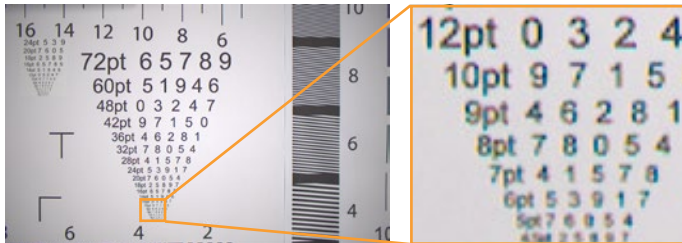


Abb. 13: Mangelnde Bildschärfe nach Standardverfahren ohne Nachschärfung

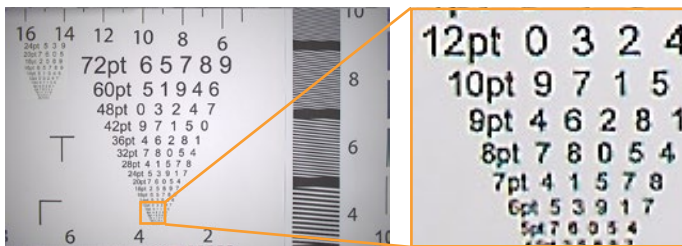


Abb. 14: Nachschärfen mit PGI

Eine gute Bildschärfe ist für viele Anwendungen ausgesprochen wichtig oder sogar kritisch. Dies ist besonders bei Anwendungen der Fall, in denen Farbkameras Ziffern oder Buchstaben korrekt erkennen müssen. Dabei hilft eine gute Lesbarkeit sowohl wenn Menschen die Bilder auswerten, als auch wenn diese Auswertung automatisiert geschieht. PGI hilft dabei vor allem dort, wo es gleichzeitig um das präzise Erkennen von Farbe und Text geht.

Beispielsweise ist es in der Verkehrsüberwachung wichtig, sowohl die Farbe eines Fahrzeuges als auch dessen Nummernschild korrekt zu erfassen. Im Einzelhandel ist es wichtig, die Farbe einer zu scannenden Ware richtig zu erkennen und gleichzeitig einen Barcode richtig zu identifizieren.

Schließlich kann ein gestochen scharfes Bild dazu beitragen, eine Bildverarbeitungsaufgabe möglicherweise mit einer geringeren Auflösung und somit mit weniger Pixeln lösen zu können. Dadurch ergeben sich von der Beleuchtung über die Kamera bis hin zur Rechenleistung gegebenenfalls preisliche Vorteile oder höhere Taktraten, da die Kamera in der gleichen Zeit mehr Bilder aufnehmen kann.

4. Bildrauschen (Noise)

Rauschen ist in jedem Bild unvermeidbar. Der Großteil des Rauschens resultiert aus der Tatsache, dass Licht aus vielen Photonen besteht. Photonen sind quantenmechanische

Teilchen, deren Verhalten jeweils einer zufälligen Wahrscheinlichkeit unterliegt. Dadurch empfängt selbst ein und derselbe Pixel bei einer konstanten Helligkeit zufällig einmal mehr und einmal weniger Photonen. Das resultierende Rauschen ist zeitlicher Natur und wird als Photon Shot Noise bezeichnet.

Eine weitere zeitliche Rauschquelle sind der Bildsensor und seine elektronischen Schaltungen. Das Rauschen des Bildsensors macht sich vor allem bei wenig Licht, sehr kurzen Belichtungszeiten und hoher Analogverstärkung unangenehm bemerkbar. Im Bildsensor überlagern sich beide Rauscharten und ergeben zusammen das zeitliche Rauschen bzw. Temporal Noise des Rohbildes.

Hinzu kommt als zweite wichtige Rauschquelle das örtliche Rauschen. Die entsteht vor allem dadurch, dass die Lichtempfindlichkeit der verschiedenen Pixel ein wenig voneinander abweicht. Bereits geringe Unterschiede sind im Bild sichtbar. Dieser Effekt wird als Photoresponse-Nonuniformity (PRNU) bezeichnet.

Besonders bei wenig Licht, sehr kurzen Belichtungszeiten und hoher Analogverstärkung macht sich auch noch bemerkbar, dass verschiedene Pixel bereits in absoluter Dunkelheit verschieden hell oder dunkel sind. Dieser Effekt wird als Fixed-Pattern-Noise oder Dark-Signal-Nonuniformity (DSNU) bezeichnet, ist je nach Sensor mehr oder weniger stark ausgeprägt und spielt bei qualitativ hochwertigen Sensoren meist keine große Rolle.

Das oben genannte Rauschen tritt sowohl bei monochromen Kameras als auch bei Farbkameras auf.

Zwischen dem Rohbild und dem fertigen Farbbild liegen meist viele Rechenschritte. Alle diese Rechenschritte können gemäß den Gesetzen der Fehlerfortpflanzung das Rauschen verstärken oder abschwächen. Dabei kommt eine Verstärkung des Rauschens praktisch deutlich öfter vor als eine Abschwächung. Besonders kritisch ist dabei, dass sich die Wirkung hintereinander geschalteter mathematischer Operationen auf das Rauschen von Rechenschritt zu Rechenschritt hochmultipliziert. Im ungünstigen Fall kann hier es hier im Gesamten zu einer bedenklichen Verstärkung des Rauschens kommen.

4.1 PGI-Rauschunterdrückung (Denoising)

PGI führt die erforderlichen Operationen nicht hintereinander, sondern parallel durch. Dies vermeidet eine zinseszinsartige Rauschvermehrung. Bei dem Design der einzelnen Rechenschritte wurde jeweils große Aufmerksamkeit auf Rauscharmuth gelegt. Im Ergebnis liefert der PGI-Algorithmus grundsätzlich ein angenehmes rauscharmes Bild.

Darüber hinaus verfügt PGI über eine zuschaltbare aktive Rauschfilterung, die über einen Parameter gesteuert werden kann. Da die Rauschfilterung für die industrielle Anwendung mit schnell aufeinanderfolgenden Einzelbildern ausgelegt ist, verwendet sie nur Einzelbilder und

vermeidet dadurch eine gegenseitige Beeinflussung aufeinanderfolgender Bildinhalte. Die Qualität einer Rauschfilterung ergibt sich vor allem aus dem Umfang der für die Rauschfilterung zur Verfügung stehenden Eingangsdaten. Je größer die Umgebung für die Rauschfilterung ist, desto bessere Ergebnisse lassen sich erzielen, jedoch steigen dann auch die Rechenkosten rapide.

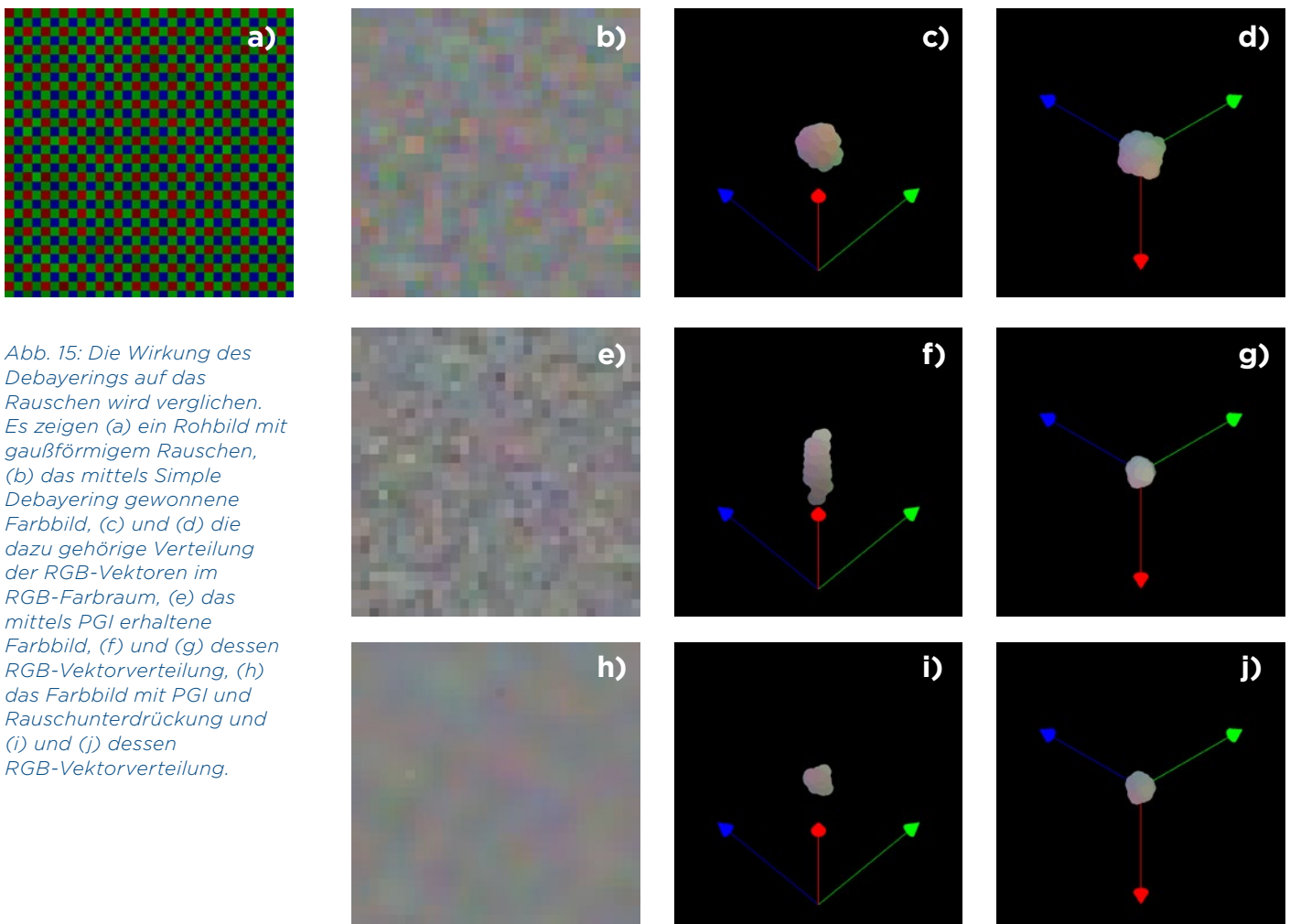
Daher wurde für PGI als guter Kompromiss eine 5×5 -Rauschfilterung gewählt. Diese eignet sich besonders gut für die Rauschfilterung der qualitativ hochwertigen Bildsensoren in Basler Kameras, die von Natur aus über ein geringes bis moderates Rauschen verfügen. Gleichzeitig gelang es, die Implementierung sehr kostengünstig und effizient zu gestalten.

Abb. 15 veranschaulicht die Wirkung des Debayerings auf das Rauschen. Dabei wird die in (a) gezeigte homogene Graufäche mit gaußförmigem Rauschen zugrunde gelegt. (b) zeigt das Ergebnisbild mit Simple Debayering. Das Bild wirkt einerseits unscharf, andererseits ist klar ein deutliches Buntrauschen zu erkennen, das vom menschlichen Betrachter meist als sehr störend empfunden wird. (c) und (d) zeigen die dazu gehörige Verteilung der RGB-Farbvektoren im RGB-Farbraum. Dabei ist es besonders interessant die Ausdehnung der Punktwolke zu betrachten, da

diese ein intuitives Maß für die Stärke des Rauschens im Ergebnisbild darstellt. Es ist zu erkennen, dass die RGB-Farbvektoren eine deutliche Ausdehnung besitzen, was sich mit dem Bildeindruck aus (b) deckt.

Abb. 15 (e) zeigt das Ergebnis mit PGI. Auch hier ist ein deutliches Rauschen erkennbar, das jedoch mit einer deutlich besseren Detailschärfe einhergeht. Im Vergleich mit (b) ist zu erkennen, dass das Buntrauschen deutlich reduziert ist und dadurch den menschlichen Betrachter weniger stört. Allerdings ist auch hier weiterhin ein unbuntes Rauschen klar erkennbar. Das zeigt sich auch in der in (f) und (g) gezeigten Verteilung der RGB-Farbvektoren. Hier ist zu sehen, dass die Rauschwolken im Vergleich zu den darüber abgebildeten deutlich schmäler ausfallen. Dabei ist besonders in (f) zu erkennen, dass die seitliche Ausdehnung der Rauschwolke deutlich abgenommen hat.

In Abb. 15 (h) ist zu sehen, wie sich das Rauschen durch Einsatz der PGI-Rauschunterdrückung weiter senken lässt. Im Bild ist nur mehr wenig Rauschen zu erkennen. Auch die in (i) und (j) gezeigten Verteilungen der RGB-Farbvektoren haben in ihrer Ausdehnung nochmals deutlich abgenommen. Im Vergleich von (i) mit (f) zeigt sich, dass jetzt besonders die vertikale Ausdehnung der Rauschwolke erheblich kleiner geworden ist.



Der Rauschfilter wird über einen Parameter gesteuert. Der Rauschfilter interpretiert kleine Abweichungen der Helligkeitswerte untereinander als Rauschen und größere Abweichungen als einen Bildinhalt. Der Parameter für den Rauschfilter steuert den Schwellwert für diese Unterscheidung.

Es ist wichtig zu verstehen, dass ein hoch eingestellter Schwellwert nicht nur das Rauschen gut beseitigt, sondern möglicherweise auch feine Strukturen im Bild herausfiltert, die knapp davor sind, im Rauschen unterzugehen. Daher sollte die Einstellung dieses Schwellwertes für die entsprechende Anwendung mit viel Fingerspitzengefühl erfolgen. Zu beachten ist vor allem, dass die für die Interpretation des Bildes wichtigen Texturen erhalten bleiben.

In der Neutralstellung ist diese Rauschfilterung ausgeschaltet. Bei aktiver Rauschfilterung kann es sich als eine gute Wahl erweisen, eine leichte Nachschärfung zuzuschalten.

5. PGI für Monochromkameras

Auch bei Monochromkameras ist die PGI-Technologie hilfreich. Zwar gibt es beim Monochrom-Sensor kein Bayer-Pattern und entsprechend wird auf das 5x5-Debayering und das Farb-Anti-Aliasing verzichtet. Jedoch leisten die verbleibende Bildschärfung und die Rauschunterdrückung auch auf Grauwertbildern gute Dienste und verbessern deutlich die sichtbare Bildqualität.

Deshalb bietet Basler PGI auch für Monochromkameras an. In der Werkseinstellung befinden sich dann die Regler für Bildschärfung und Rauschunterdrückung jeweils in Neutralstellung, so dass PGI das originale Rohbild bitgetreu weiterreicht. Erst durch eine geeignete Veränderung dieser Parameter durch den Kunden greift PGI in das Bild ein und die Qualitätsverbesserung wird sichtbar.

Bei der Einstellung der Parameter gelten die gleichen Regeln wie für Farbkameras.

6. Rechenleistung

Neben allen bisher genannten Aspekten wurde bei PGI durchgehend auf eine sehr schlanke und ressourcenschonende Implementation geachtet. Alle Rechenoperationen werden parallel auf einer 5x5-Umgebung ausgeführt, sind unter Beachtung der Umsetzung für ein FPGA (Field Programmable Gate Array) optimal aufeinander abgestimmt und kommen daher mit besonders wenig FPGA-internem Speicher und besonders wenigen Rechenoperationen aus. Nur dadurch ist es möglich, diese komplexe Berechnung innerhalb der Kamera durchzuführen, ohne kostensteigernde Maßnahmen wie z.B. einen größeren FPGA oder andere Recheneinheiten.

6.1 Vorteile für Farbkameras

Grundsätzlich kann ein Debayering außerhalb oder innerhalb der Kamera durchgeführt werden. Ein Debayering außerhalb der Kamera, z.B. im Computer, im Framegrabber oder in der Grafikkarte, hat lediglich den scheinbaren Vorteil, dass die Übertragung des Rohbilds eine deutlich geringere Bandbreite benötigt als die Übertragung des Farbbilds. Somit steht scheinbar mehr Bandbreite zur Verfügung, um mehr Bilder pro Sekunde zu übertragen.

Führt man ein hochwertiges Debayering mit umfangreichen Berechnungen auf dem PC aus, so ergibt sich selbst bei einem optimierten Code eine weitgehende Auslastung des PCs. Da der PC die eintreffenden Bilder nur mit geringer Bildrate bearbeiten kann, wird der Vorteil der hohen Übertragungsbandbreite sofort wieder zunichte gemacht und es ist nichts gewonnen. Und schließlich soll meist auf dem PC noch eine Bildverarbeitungsanwendung ausgeführt werden, die ihrerseits ja auch Rechenkapazität benötigt, die durch das hochwertige Debayering bereits ausgelastet ist. Das ergibt in Summe eine ungünstige Situation.

Weiterhin ist das Debayering zwar ein wichtiger, aber bei weitem nicht der einzige algorithmische Baustein in der Bildverarbeitungskette. Für eine gute Bildqualität ist es wichtig, dass diese Bildaufbereitungsschritte in der richtigen Reihenfolge ausgeführt werden. Das Debayering sitzt dabei in der Mitte und wer das Debayering in den Computer verlagern möchte, trägt dabei auch die Verantwortung, alle anderen vor- und nachgeschalteten Bildverarbeitungsschritte korrekt durchzuführen.

6.2 Vorteile für Farb- und Monochromkameras

Ähnliches gilt für die oft nachgefragte Rauschminderung und Schärfung. Durch die Berechnung in der Kamera können PC-seitig erheblich Rechenleistung und Ressourcen eingespart werden, die dann für die eigentliche Applikation zur Verfügung stehen.

Daher ist es eine gute Wahl, den PGI-Algorithmus direkt im FPGA der Kamera auszuführen. Im FPGA der Kamera ist PGI voll echtzeitfähig, sitzt an der richtigen Stelle der Bildverarbeitungskette und arbeitet mit dieser reibungslos zusammen. Die Latenzzeiten werden massiv verkürzt und der angeschlossene PC steht vollständig für die Bildverarbeitungsanwendung zur Verfügung.

7. Fazit

Insgesamt lässt sich sagen, dass PGI die ausgezeichnete Bildqualität von Basler Kameras auf eine neue Ebene hebt. Er ist für den menschlichen Betrachter optimiert, liefert ein außergewöhnlich gutes Debayering mit stark reduzierten Fehlfarben, mit exzellenter Bildschärfe und geringem Rauschen und verfügt darüber hinaus noch über die Möglichkeiten, das Bild nachzuschärfen und eine Rauschfilterung zuzuschalten.

Autoren



Dr. Jörg Kunze

Teamleader Predevelopment

Dr. rer. nat. Jörg Kunze gehört der Basler AG seit 1998 an. Als Teamleader Predevelopment ist er verantwortlich für neue Technologien. Zu seinen Themengebieten gehören Bildsensoren, Kamerahardware, Rauschen, Farbtreue, Bildqualität und Computational Imaging. Er entwickelt zahlreiche neue Algorithmen zur Bildsignalverarbeitung, darunter auch mehrere zur Color-Filter-Array Interpolation. Zahlreiche Erfindungen und Patente gehen auf ihn zurück.



Sören Böge

Product Manager

Sören Böge ist seit 2015 als Produktmanager bei Basler tätig. In dieser Funktion ist er verantwortlich für die neuen Basler ace CMOS-Kameramodelle mit den IMX-Sensoren aus Sonys Pregius Serie sowie den PYTHON-Sensoren von ON Semiconductor.

Nach Abschluss seines Studiums des Wirtschaftsingenieurwesens sammelte er vier Jahre lang Erfahrung in der Automobilindustrie als Projektleiter und Produktmanager für ein Messsystem.

Kontakt

Dr. Jörg Kunze – Teamleader Predevelopment

Tel. +49 4102 463 206

Fax +49 4102 463 46206

E-Mail: joerg.kunze@baslerweb.com

Basler AG
An der Strusbek 60-62
22926 Ahrensburg
Deutschland

Kontakt

Sören Böge – Product Manager

Tel. +49 4102 463 693

Fax +49 4102 463 46693

E-Mail: soeren.boege@baslerweb.com

Über Basler

Basler ist ein international führender Hersteller von hochwertigen digitalen Kameras und Zubehör für Anwendungen in Fabrikautomation, Medizin, Verkehr und einer Vielzahl von weiteren Märkten. Das Produktportfolio umfasst Flächen- und Zeilenkameras in kompakten Gehäusegrößen, Kameramodule als Boardlevel-Varianten für Embedded Vision-Lösungen sowie 3D-Kameras. Abgerundet wird das Angebot durch unser bedienerfreundliches pylon SDK sowie eine breites Spektrum von teils eigens entwickeltem Zubehör, das optimal auf unsere Kameras abgestimmt ist.

Basler verfügt über drei Jahrzehnte Erfahrung im Bereich der Computer Vision. Das Unternehmen beschäftigt rund 500 Mitarbeiter an seinem Hauptsitz in Ahrensburg sowie in Niederlassungen und Vertriebsbüros in Europa, Asien und Nordamerika.



©Basler AG, 02/2018

Informationen zu Haftungsausschluss und Datenschutzerklärung finden Sie unter www.baslerweb.com/haftungsausschluss

Basler AG
Germany, Headquarters
Tel. +49 4102 463 500
Fax +49 4102 463 599
sales.europe@baslerweb.com
www.baslerweb.com

Basler, Inc.
USA
Tel. +1 610 280 0171
Fax +1 610 280 7608
sales.usa@baslerweb.com

Basler Asia Pte Ltd.
Singapore
Tel. +65 6367 1355
Fax +65 6367 1255
sales.asia@baslerweb.com

BASLER
the power of sight